

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-017224

(43)Date of publication of application : 25.01.1994

(51)Int.Cl.

C23C 8/22

C22C 38/00

C22C 38/18

C23C 8/32

(21)Application number : 04-174370

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 01.07.1992

(72)Inventor : MATSUSHIMA YOSHITAKE

ADACHI SHIYUUGOROU

NAKAMURA MORIFUMI

(54) CARBURIZED BEARING PARTS EXCELLENT IN HIGH TEMPERATURE ROLLING FATIGUE PROPERTY

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide carburized bearing parts having high temp. rolling fatigue properties more excellent than that in the conventional case using a high carbon chromium bearing steel or a case-hardened steel as a base stock and capable of reducing the carburizing (or carbo-nitriding) time.

CONSTITUTION: Steel contg. by weight, 0.3 to 0.5% C, 0.9 to 2% Si, 0.3 to 2% Mn, $\leq 0.02\%$ S, 2.5 to 5% Cr, 0.015 to 0.06% Al and 0.003 to 0.02% N, and the balance Fe with inevitable impurities, and in the inevitable impurities, the content of P is suppressed to $\leq 0.02\%$, Ti to $\leq 0.002\%$ and O to $\leq 0.003\%$, is used as a base stock. The parts manufactured by the stock are subjected to carburizing or carbo-nitriding treatment and hardening and tempering treatment, and the area ratio of carbides or carbon nitrides precipitated on the surface layer part is regulated to 2 to 50% as well as the average grain size is regulated to $\leq 3\mu\text{m}$.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-17224

(43)公開日 平成6年(1994)1月25日

| (51)Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | FI | 技術表示箇所 |
|--------------------------|---------|---------|----|--------|
| C 2 3 C 8/22 | | 7516-4K | | |
| C 2 2 C 38/00 | 3 0 1 N | | | |
| 38/18 | | | | |
| C 2 3 C 8/32 | | 7516-4K | | |

審査請求 未請求 請求項の数6(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-174370

(22)出願日 平成4年(1992)7月1日

(71)出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号

(72)発明者 松島 義武

神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸
製鋼所神戸製鉄所内

(72)発明者 足立 周悟郎

神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸
製鋼所神戸製鉄所内

(72)発明者 中村 守文

神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸
製鋼所神戸製鉄所内

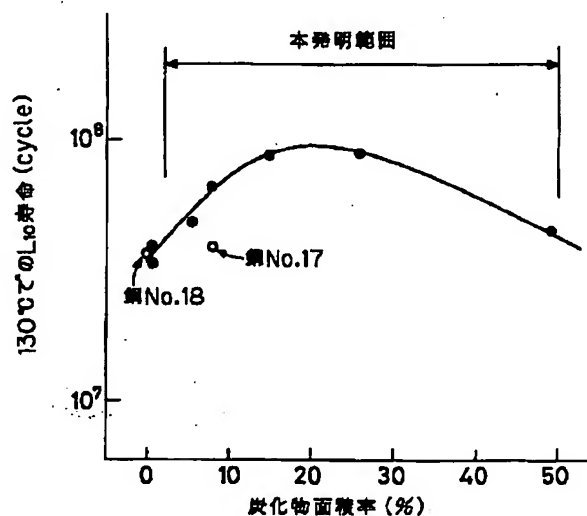
(74)代理人 弁理士 植木 久一

(54)【発明の名称】 高温転動疲労性に優れた浸炭軸受部品

(57)【要約】

【目的】 従来の高炭素クロム軸受鋼や肌焼鋼を素材としたときよりも優れた高温転動疲労性を有し、且つ浸炭(または浸炭窒化)処理時間の短縮が図れる様な浸炭軸受部品を提供することにある。

【構成】 C:0.3~0.5重量%, Si:0.9~2重量%, Mn:0.3~2重量%, S:0.02重量%以下, Cr:2.5~5重量%, Al:0.015~0.06重量%, N:0.003~0.02重量%を夫々含有し、残部Feおよび不可避不純物からなり、該不可避不純物中P:0.02重量%以下, Ti:0.002%重量%以下, O:0.003重量%以下に夫々抑制してなる鋼を素材とし、該素材によって作製された部品に、浸炭または浸炭窒化処理および焼入れ、焼戻し処理を施したものであり、表層部に析出する炭化物または炭窒化物の面積率が2~50%、平均粒径が3μm以下である。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 C:0.3~0.5重量%, Si:0.9~2重量%, Mn:0.3~2重量%, S:0.02重量%以下, Cr:2.5~5重量%, Al:0.015~0.06重量%, N:0.003~0.02重量%を夫々含有し、残部Feおよび不可避不純物からなり、該不可避不純物中P:0.02重量%以下, Ti:0.002%重量%以下, O:0.003重量%以下に夫々抑制してなる鋼を素材とし、該素材によって作製された部品に、浸炭または浸炭窒化処理および焼入れ、焼戻し処理を施したものであり、表層部に折出する炭化物または炭窒化物の面積率が2~50%、平均粒径が3 μ m以下であることを特徴とする高温転動疲労性に優れた浸炭軸受部品。

【請求項2】 請求項1に記載の浸炭軸受部品において、更にMo:0.09~3重量%およびW:0.05~1重量%から選ばれる1種以上を含有する鋼を素材とするものである浸炭軸受部品。

【請求項3】 請求項1または2に記載の浸炭軸受部品において、更にNi:0.26~3重量%を含有する鋼を素材とするものである浸炭軸受部品。

【請求項4】 請求項1~3のいずれかに記載の浸炭軸受部品において、更にCu:0.21~1重量%を含有する鋼を素材とするものである浸炭軸受部品。

【請求項5】 請求項1~4のいずれかに記載の浸炭軸受部品において、更にV:0.03~1重量%およびNb:0.01~0.5重量%から選ばれる1種以上を含有する鋼を素材とするものである浸炭軸受部品。

【請求項6】 請求項1~5のいずれかに記載の浸炭軸受部品において、折出する炭化物の30%以上がM, C, (但し、Mは含有されている金属元素の1種以上)である浸炭軸受部品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、高炭素クロム軸受部品や肌焼軸受部品より優れた転動疲労性を有する浸炭軸受部品に関し、殊に高温下の使用環境においても軸受寿命が低下しない優れた転動疲労性を示す浸炭軸受部品に関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車や産業機械等に用いられる軸受部品には、従来から高炭素クロム軸受用鋼が素材として汎用されており、例えばSUJ1(JISG 4805)のCr量を増やしたSUJ2が中・小型軸受部品に、またMnやSi量を増やしたSUJ3が大型軸受部品に夫々多用されてきた。またSCr420(JISG 4104)に代表される肌焼軸受鋼も、軸受部品の素材として使用されてきた。

【0003】しかしながら近年になって、エンジンの高出力化、高回転化、機械部品の小型化等に伴って軸受

2

まわりの温度が上昇していく傾向にあり、こうした状況のもとでは、SUJ2やSCr420等を素材とした軸受部品では、高温の使用環境における十分な転動疲労寿命が得られないという問題があった。

【0004】一方過酷な条件下で使用される軸受部品には、AISI M50等が素材として使用される様になっている。AISI M50を素材とする軸受部品では、高温環境下の使用においても優れた転動疲労性が得られるが、AISI M50は合金元素を多量に含むことから素材費が高くなり、また加工性の点で問題があり、加工費も高くなるという欠点がある。尚、軸受部品として浸炭または浸炭窒化処理材も使用されており、これらの処理材は一般の焼入れ・焼戻し材に比べて転動疲労寿命は長くなるが、処理の為の時間が長くなりその為のコストが高くなるという問題がある。

【0005】こうしたことから、高温下(300℃以下)での転動疲労性に優れ、従来のAISI M50と比較して素材費や加工費が安価で、且つ浸炭または浸炭窒化の為の処理時間の短縮を図ることによって熱処理費の低減が達成できる軸受部品の実現が要望されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこうした状況のもとになされたものであって、その目的は、従来の高炭素クロム軸受鋼や肌焼鋼を素材としたときよりも優れた高温転動疲労性を有し、且つ浸炭(または浸炭窒化)処理時間の短縮が図れる様な浸炭軸受部品を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成し得た本発明とは、C:0.3~0.5重量%, Si:0.9~2重量%, Mn:0.3~2重量%, S:0.02重量%以下, Cr:2.5~5重量%, Al:0.015~0.06重量%, N:0.003~0.02%を夫々含有し、残部Feおよび不可避不純物からなり、該不可避不純物中P:0.02重量%以下, Ti:0.002%重量%以下, O:0.003重量%以下に夫々抑制してなる鋼を素材とし、該素材によって作製された部品に、浸炭または浸炭窒化処理および焼入れ、焼戻し処理を施したものであり、表層部に折出する炭化物または炭窒化物の面積率が2~50%、平均粒径が3 μ m以下である点に要旨を有するものである。また本発明に係る軸受部品は、上記の元素を基本成分とするものであるが、必要に応じてMo, W, Ni, Cu, V, Nb等を含有するものであってもよい。更に、折出する炭化物の30%以上をM, C, (但し、Mは含有金属元素)とすれば、高温転動疲労性の向上にとってより有効である。

【0008】

【作用】本発明は上述の如く構成されるが、要するに、高温下での使用で問題となる硬さの低下を抑制するために、各種合金元素量を調整して焼戻し軟化抵抗性を向上

させるとともに、浸炭または浸炭窒化処理を施すことによって積極的に炭化物または炭窒化物を析出させ、これらの表層部における面積率を2~50%、平均粒径を3 μ m以下とした浸炭軸受部品は、高温での使用条件下でも優れた転動疲労性を示すことを見出し、本発明を完成した。また合金元素のうち、C量を調整することによって、浸炭時間の短縮が図れること、および析出した炭化物の30%以上をM₁, C₁ (但し、Mは含有金属元素) にすれば、高温転動疲労性をさらに向上させることができることも判明した。まず本発明に係る軸受部品における化学成分限定理由は下記の通りである。

【0009】C: 0.3~0.5重量%

Cは焼入れ・焼戻し後の硬さをHRC58以上に確保して転動疲労性等の軸受特性を発揮させるのに必要な元素である。またCは多く含有させることによって、浸炭時間(または浸炭窒化時間)を短縮できる元素である。C含有量が0.3重量%未満ではこれらの効果が期待されず、0.5重量%を超えると靱性、切削性、冷間加工性および温間加工性が低下する。

【0010】Si: 0.9~2重量%

Siは焼戻しの第1段階(マルテンサイト中に固溶しているCが炭化物として析出する段階)の終了と第2段階(残留オーステナイトが分解する段階)の開始を遅らせ、焼戻し軟化抵抗性を向上させる元素であり、含有量が0.9重量%未満ではこの効果は少なく、また、2重量%を超えて含有させてもその効果が飽和するだけでなく、切削性、冷間加工性および温間加工性が著しく低下する。

【0011】Mn: 0.3~2重量%

Mnは脱酸・脱硫元素であり、また焼入性を向上させる元素である。Mn含有量が0.3重量%未満ではこのような効果は期待できず、また2重量%を超えて含有してもその効果は飽和し、かえって切削性、冷間加工性が低下する。

【0012】S: 0.02重量%以下

Sは鋼中において殆どがMnSの形で含有されており、切削性を向上させる元素である。しかしながらO含有量が少ない場合には転動疲労性を低下させ、また冷間加工性や温間加工性にも悪影響を及ぼす。よって、これらの点を考慮してS含有量は0.02重量%以下とする。

【0013】Cr: 2.5~5重量%

Crは浸炭または浸炭窒化処理において、炭化物または炭窒化物を生成し、高温での硬さを向上させて高温転動疲労性を向上させる。Cr含有量が2.5重量%未満では炭化物または炭窒化物が粗大化し、転動疲労性が低下する。またCr含有量が5重量%を超えると、切削性、冷間加工性および温間加工性を低下させる。よって、Cr含有量は2.5~5重量%とする。

【0014】Al: 0.015~0.06重量%

Alは脱酸と結晶粒の微細化に有効な元素であり、Al

含有量が0.015重量%未満ではこのような効果はなく、また0.06重量%を超えると結晶粒の微細化効果は飽和してしまい、さらに多く含有量させると逆に結晶粒が成長しやすくなる。よって、Alは含有量は0.015~0.06重量%とする。

【0015】N: 0.003~0.02重量%

NはAl, V, Nb等と結合して窒化物を生成し、結晶粒を微細化して鋼の強靱化を図るのに有効な元素である。N含有量が0.003重量%未満ではこのような効果は少なく、また0.02重量%を超えて含有すると冷間加工性および温間加工性を低下させる。よってN含有量は、0.003~0.02重量%とする。

【0016】本発明の軸受部品は、以上の元素を基本成分とし残部鉄および不可避不純物からなるものであるが、該不可避不純物中P, Ti, O等は夫々下記の如く抑制する必要がある。

【0017】P: 0.02重量%以下

Pは靱性を低下させる元素であるから、このP含有量は極力低減させる必要があり、P含有量は0.02重量%以下とする。

【0018】Ti: 0.002重量%以下

TiはNと結合して転動疲労性に悪影響を及ぼす粗大なTiNを生成し、また冷間加工性や温間加工性を低下させる元素であり、極力低くする必要がある。こうした観点から、Ti含有量は、0.002重量%以下とする。

【0019】O: 0.003重量%以下

OはAlやSiと結合し、転動疲労性に悪影響を及ぼす酸化物系介在物を生成する元素であり、転動疲労性に対して含有量は少ないほうがよい。また転動疲労性と共に切削性、冷間加工性にも悪影響を及ぼすので極力低減する必要がある。よって、O含有量は0.003重量%以下とする。

【0020】本発明の軸受部品には、必要に応じてMo, W, Ni, Cu, V, Nb等を含有してもよい。これらの元素を添加するときの含有量は下記の通りである。

【0021】Mo: 0.09~3重量%, W: 0.05~1重量%

MoおよびWはCrと同じく、浸炭または浸炭窒化処理において炭化物または炭窒化物を生成し、分散強化によって硬さを大きくするのに有効な元素である。この様な効果を発揮させるためには、Moは0.09重量%以上、Wは0.05重量%以上含有量させる必要がある。しかしながらMo含有量が3重量%およびW含有量が1%を夫々超えて含有されると効果が飽和すると共に、切削性、冷間加工性および温間加工性が低下する。

【0022】Ni: 0.26~3重量%

Niは焼入性を向上させる元素であり、質量の大きな部品における焼入れ・焼戻し処理を容易にする元素である。Ni含有量が0.26重量%未満では、この様な効

10

20

30

40

50

果が発揮されず、逆に3重量%を超えて含有されると、切削性、冷間加工性および温間加工性を低下させ、更に焼入れ・焼戻し後に残留オーステナイトが多量に生成し、寸法安定性が劣化する。

【0023】Cu:0.21~1重量%

Cuは焼入性、耐蝕性を増加させる元素であり、且つ耐摩耗性を向上させる元素である。Cu含有量が0.21重量%未満ではこの様な効果が少なく、逆に1重量%を超えると赤熱脆性を助長して熱間加工時に割れが発生する。

【0024】V:0.03~1重量%, Nb:0.01~0.5重量%

VおよびNbは共に鋼中のC、Nと結合して炭窒化物を生成し、結晶粒を微細化し、且つ焼戻し軟化抵抗性を向上させるのに有効な元素である。Vの含有量が0.03重量%未満およびNb含有量が0.01%未満ではその

様な効果は発揮されず、逆にVの含有量が1重量%およびNbの含有量が0.5重量%をそれぞれ超えて含有されてもその効果が飽和する。

【0025】以下本発明を実施例によって更に詳細に説明するが、下記実施例は本発明を限定する性質のものではなく、前・後記の趣旨に徹して設計変更することはいずれも本発明の技術的範囲に含まれるものである。

【0026】

【実施例】表1に示す化学成分の本発明鋼No.1~8および比較鋼No.9~17を、小型真空炉にて溶製した。尚比較鋼No.16はJISのSUJ2であり、铸造後ソーキング処理を行ない、巨大炭化物の拡散消失処理を行なったものである。また比較鋼No.17は、JIS SCr420である。

【0027】

【表1】

| 鋼 | No. | 化 学 成 分 (重量%) | | | | | | | | | | | | | その他 | 残 部 |
|---------|-----|---------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|--------|--------|--------|---------|-----|
| | | C | Si | Mn | P | S | Cu | Ni | Cr | Mo | Al | N | Ti | O | | |
| 本 発 明 鋼 | 1 | 0.41 | 1.01 | 0.41 | 0.013 | 0.012 | 0.01 | 0.02 | 3.50 | 0.03 | 0.028 | 0.0120 | 0.0014 | 0.0009 | Fe | |
| | 2 | 0.39 | 1.95 | 0.42 | 0.012 | 0.011 | 0.01 | 0.02 | 3.52 | 0.02 | 0.027 | 0.0130 | 0.0015 | 0.0010 | 〃 | |
| | 3 | 0.35 | 1.04 | 0.46 | 0.011 | 0.013 | 0.01 | 0.02 | 4.88 | 0.03 | 0.030 | 0.0120 | 0.0012 | 0.0010 | 〃 | |
| | 4 | 0.38 | 0.95 | 0.45 | 0.014 | 0.011 | 0.01 | 0.02 | 3.37 | 1.04 | 0.029 | 0.0130 | 0.0011 | 0.0011 | 〃 | |
| | 5 | 0.40 | 1.02 | 0.47 | 0.013 | 0.012 | 0.01 | 0.02 | 3.48 | 0.03 | 0.028 | 0.0110 | 0.0012 | 0.0009 | W:0.48 | |
| | 6 | 0.42 | 0.98 | 0.43 | 0.012 | 0.013 | 0.01 | 2.48 | 3.14 | 0.03 | 0.027 | 0.0120 | 0.0011 | 0.0010 | 〃 | |
| | 7 | 0.38 | 0.96 | 0.40 | 0.014 | 0.012 | 0.01 | 0.01 | 3.57 | 0.02 | 0.031 | 0.0130 | 0.0010 | 0.0011 | V:0.54 | |
| 比 較 鋼 | 8 | 0.46 | 1.09 | 0.48 | 0.013 | 0.014 | 0.01 | 0.01 | 3.64 | 0.03 | 0.027 | 0.0110 | 0.0013 | 0.0009 | Nb:0.31 | |
| | 9 | 0.42 | 0.79 | 0.43 | 0.012 | 0.013 | 0.01 | 0.02 | 3.48 | 0.03 | 0.030 | 0.0100 | 0.0011 | 0.0013 | 〃 | |
| | 10 | 0.38 | 0.95 | 0.47 | 0.012 | 0.011 | 0.01 | 0.02 | 1.20 | 0.03 | 0.029 | 0.0110 | 0.0010 | 0.0012 | 〃 | |
| | 11 | 0.40 | 1.12 | 0.50 | 0.013 | 0.011 | 0.01 | 0.03 | 2.35 | 0.02 | 0.032 | 0.0120 | 0.0009 | 0.0010 | 〃 | |
| | 12 | 0.39 | 1.02 | 0.46 | 0.011 | 0.010 | 0.01 | 0.02 | 3.52 | 0.02 | 0.029 | 0.0110 | 0.0023 | 0.0009 | 〃 | |
| | 13 | 0.43 | 1.01 | 0.48 | 0.012 | 0.014 | 0.01 | 0.03 | 3.48 | 0.03 | 0.027 | 0.0130 | 0.0012 | 0.0038 | 〃 | |
| | 14 | 0.22 | 0.99 | 0.52 | 0.013 | 0.012 | 0.01 | 0.03 | 3.25 | 0.03 | 0.028 | 0.0120 | 0.0013 | 0.0012 | 〃 | |
| | 15 | 0.28 | 1.08 | 0.49 | 0.011 | 0.015 | 0.01 | 0.02 | 3.62 | 0.02 | 0.033 | 0.0100 | 0.0012 | 0.0014 | 〃 | |
| | 16 | 1.02 | 0.24 | 0.39 | 0.009 | 0.008 | 0.01 | 0.02 | 1.46 | 0.01 | 0.029 | 0.0060 | 0.0011 | 0.0008 | 〃 | |
| | 17 | 0.21 | 0.21 | 0.83 | 0.008 | 0.007 | 0.01 | 0.01 | 1.13 | 0.02 | 0.026 | 0.0130 | 0.0012 | 0.0009 | 〃 | |

【0028】これらの鋼を熱間鍛造によって、直径60 mmおよび20 mmの丸棒に鍛伸した後、比較鋼No.16については球状化焼鈍を、その他の鋼については焼鈍を行なった。その後、直径60 mmの丸棒については、直径60 mm、厚さ5 mmの試験片に加工し、下記の熱処理を行ない、表面をラッピング加工した後、面圧530 kgf/mm²の条件で130℃の温度下で転動疲労試験を実施した。

【0029】一方直径20 mmの丸棒については、直径20 mm、厚さ5 mmの試験片に加工し、下記の熱処理を行なった後、高温硬さ(300℃)の測定、表層部に

おける炭化物または炭窒化物の面積率および平均粒径を測定した。尚表層部における炭化物または炭窒化物の測定は、最表面から100~300 μmの位置の写真撮影を行ない、その後画像解析によって面積率および平均粒径を求めた。

<各鋼の熱処理条件>

(1) 鋼No.16 (S U J 2)

焼入れ: 840℃×40 min/油冷

焼戻し: 160℃×2 hr/空冷

(2) 鋼No.17 (S C r 4 2 0)

焼入れ: 925℃×10 hr (浸炭処理)/油冷

(カーボンポテンシャル: 0.8重量%)

焼戻し: 250℃×2hr/空冷

(3) その他の鋼

焼入れ: 925℃×5hr (浸炭処理)/油冷

(カーボンポテンシャル: 1.2重量%)

焼戻し: 250℃×2hr/空冷

【0030】これら試験片の炭化物面積率、高温硬さと
および高温転動疲労試験結果を表2に示す。尚転動疲労*

*試験結果については L_{10} (10%累積被損率) 寿命で評価した。また本発明鋼No.1~4および比較鋼No.11, 12については、下記の条件で浸炭窒化処理を施し、その他の条件は上記と同様にし、試験片の炭窒化物面積率、高温硬さを測定すると共に、高温転動疲労試験を実施した。その結果を表3に示す。

【0031】

【表2】

| 鋼 No. | 表層部における炭化物面積率 (%) | 高温硬さ (300℃) HRC | 高温転動疲労試験結果: L_{10} 寿命 ($\times 10^6$) | 炭化物の平均粒径 (μm) | 備 考 |
|----------|-------------------|-----------------|---|----------------------------|-----|
| 1 | 8 | 59.0 | 66 | 0.67 | 実施例 |
| 2 | 6 | 59.5 | 78 | 0.69 | |
| 3 | 24 | 62.0 | 95 | 0.37 | |
| 4 | 18 | 60.5 | 88 | 0.63 | |
| 5 | 11 | 61.5 | 86 | 0.65 | |
| 6 | 9 | 60.0 | 72 | 0.72 | |
| 7 | 10 | 61.0 | 79 | 0.69 | |
| 8 | 8 | 61.5 | 77 | 0.81 | |
| 9 | 7 | 57.0 | 37 | 0.68 | 比較例 |
| 10 | 1 | 57.0 | 24 | 0.89 | |
| 11 | 1 | 57.5 | 36 | 0.82 | |
| 12 | 6 | 60.0 | 21 | 0.70 | |
| 13 | 7 | 59.5 | 17 | 0.66 | |
| 14 | 1 | 55.0 | — | 0.85 | |
| 15 | 2 | 56.0 | — | 0.76 | |
| 16 | 8 | 53.0 | 39 | 0.92 | |
| 17 | 0 | 54.0 | 37 | — | |

【0032】

※ ※【表3】

| 鋼 No. | 表層部における炭窒化物の面積率 (%) | 高温硬さ (300℃) HRC | 高温転動疲労試験結果: L_{10} 寿命 ($\times 10^6$) | 炭窒化物の平均粒径 (μm) | 備 考 |
|----------|---------------------|-----------------|---|-----------------------------|-----|
| 1 | 11 | 60.0 | 71 | 0.68 | 実施例 |
| 2 | 9 | 60.5 | 81 | 0.67 | |
| 3 | 26 | 62.5 | 98 | 0.41 | |
| 4 | 19 | 61.0 | 92 | 0.66 | |
| 10 | 1 | 57.5 | 29 | 0.88 | 比較例 |
| 11 | 1 | 57.5 | 38 | 0.79 | |

【0033】これらの結果より、次の様に考察できる。
未発明の実施例 (鋼No.1~8) のものは、いずれも転動疲労寿命が鋼No.16, 17の従来鋼を用いたものよりも優れている。これに対し、Si含有量の少ない比較鋼No.9を用いたものは、鋼No.1を用いたものに比べ高温硬さが低下し、鋼No.16, 17の従来鋼を用いた

ものと同等またはそれ以下の転動疲労寿命となっている。またCr含有量の少ない鋼No.10, 11を用いたものは、鋼No.16, 17の従来鋼を用いたものよりも転動疲労寿命が短くなっている。更にTi含有量またはO含有量の多い鋼No.12, 13を用いたものは、鋼No.16, 17の従来鋼を用いたものよりも転動疲労寿命

が短くなっている。尚浸炭窒化することにより、転動疲労寿命が長くなっていることは明らかである（表3参照）。

【0034】次に鋼No.1, 14, 15について、浸炭時間を3hrと6hrにして浸炭処理を行なった後、表面からの炭素濃度分布を測定し、浸炭C量が0.5重量%になる深さを求めた。図1に素材C含有量と浸炭C量が0.5重量%になる深さの関係を示す。図1から明らかな様に、素材C含有量が増すにつれて浸炭C量が0.5重量%になる深さが深くなり、素材C含有量を0.3重量%以上にすれば浸炭時間の短縮が図れることがわかる。

【0035】また、鋼No.1の浸炭時のカーボンポテンシャルを変化させ、炭化物の面積率を変化させ、転動疲労試験（130℃）を行った結果を図2に示す。図2から明らかな様に、炭化物面積率を2～50%にすれば転動疲労寿命が長くなることがわかる。ここで、カーボンポテンシャルと炭化物面積率の関係を図3に示すが、安定して炭化物を2%以上析出させるには、カーボンポテンシャルを1.0重量%以上にするのが好ましいことがわかる。

【0036】更に、鋼No.1をカーボンポテンシャル1.3%で浸炭処理を行い、その後熱処理により炭化物粒径を変化させ、転動疲労試験（130℃）を行った。炭化物平均粒径と転動疲労寿命の関係を図4に示す。これにより炭化物の平均粒径を3μm以下に制御することは、転動疲労寿命の向上に有効であることがわかる。

【0037】次に本発明鋼No.3, 4, 7および比較鋼No.11をカーボンポテンシャル1.3重量%で浸炭処理を行い、炭化物の組成分析によるM, C, の占有率測

* 定および転動疲労試験（150℃）を行った。炭化物の組成分析については、最表面より200μm内部の位置より抽出レプリカを採取し、各鋼10個の炭化物について組成分析を行い、M, C, の占有率を算出した。その結果を表4に示す。これより、M, C, の占有率を30%以上にするによって、更に転動疲労寿命の向上が可能であることがわかる。

【0038】

【表4】

| No. | M, C, の含有率 (%) | 150℃L ₁₀ 寿命 (×10 ⁶) |
|-----|----------------|--|
| 3 | 100 | ≥ 100 |
| 4 | 40 | 95 |
| 7 | 80 | 89 |
| 11 | 0 | 38 |

【0039】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、従来のM50等の高合金の軸受鋼を使用することなく、高温下でも優れた転動疲労性を有する浸炭軸受部品が実現できた。

【図面の簡単な説明】

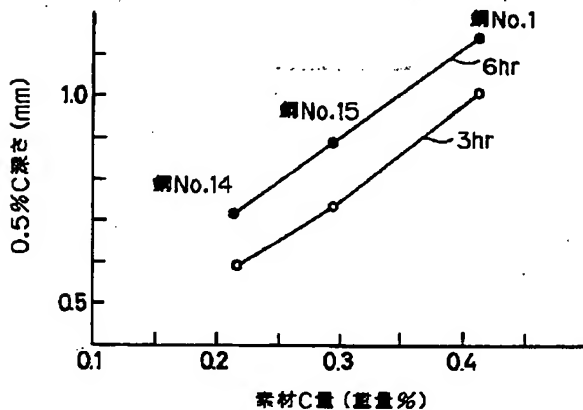
【図1】素材C含有量と、浸炭C量が0.5重量%になる深さとの関係を示すグラフである。

【図2】炭化物面積率と転動疲労寿命の関係を示すグラフである。

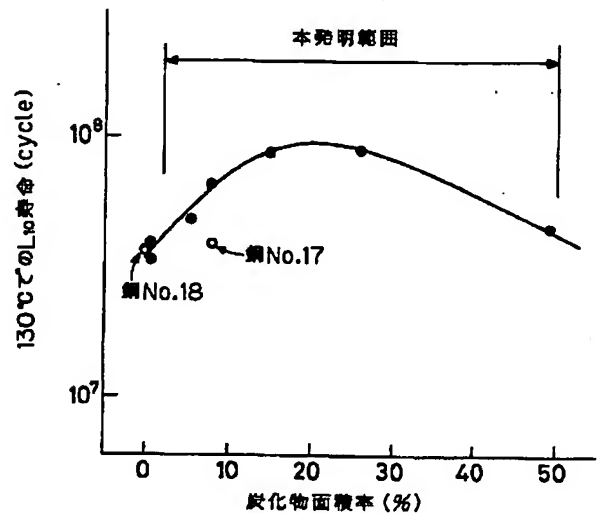
【図3】浸炭処理時のカーボンポテンシャルと炭化物面積率の関係を示すグラフである。

【図4】炭化物の平均粒径と転動疲労寿命の関係を示すグラフである。

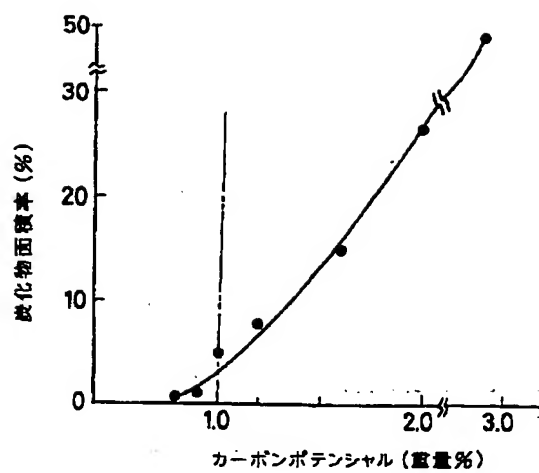
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

